

**Секция**  
**ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ**  
**МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ**

*А. Б. Найзабеков, С. Н. Лежнев<sup>1</sup>, А. О. Толкушкин*  
Рудненский индустриальный институт, г. Рудный, Казахстан  
Карагандинский государственный индустриальный университет,  
г. Темиртау, Казахстан  
*<sup>1</sup>sergey\_legnev@mail.ru, <sup>2</sup>mrgugimon@gmail.com*

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА ДЕФОРМИРОВАНИЯ**  
**ЗАГОТОВОК В СТУПЕНЧАТО-КЛИНОВЫХ БОЙКАХ**  
**НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**  
**СТАЛИ 20**

Данная работа посвящена исследованию влияния процесса деформации заготовки поперечного сечения в ступенчато-клиновых бойках на микроструктуру и механические свойства стали 20.

*Ключевые слова:* ступенчато-клиновые бойки,ковка, микроструктура, механические свойства.

This work is devoted to investigation of the influence of the deformation process of the workpiece cross-section in a step-wedge dies on the microstructure and mechanical properties of steel 20.

*Keywords:* step-wedge dies, forging, microstructure, mechanical properties.

Производство заготовок и поковок новыми способамиковки при существенном уменьшении энергетических и трудовых затрат, повышение качества поковок является экономически выгодным. Одним из путей достижения поставленной цели является использование способов деформирования и инструментов, реализующих сдвиговые и знакопеременные деформации во всем объеме металла.

Одной из технологий, реализующей знакопеременную деформацию, является технологияковки слитков и заготовок в ступенчато-клиновидных бойках (рис. 1). В работе [1] было доказано, что при использовании дляковки поковок типа плит и пластин ступенчато-клиновых бойков реализуется благоприятное напряженно-деформированное состояние для получения металла с мелкозернистой структурой.

Деформирование заготовок в лабораторных условиях производили на гидравлическом прессе с усилием 1,25 МН. Для этого эксперимента были подготовлены заготовки из углеродистой стали 20 размерами  $h \times b \times l =$

30×60×250 мм. Для восстановления начальной структуры заготовок их перед деформированием подвергали рекристаллизационному отжигу при температуре 680 °С с выдержкой 4 ч в камерной печи сопротивления. Протяжку заготовок осуществляли в ступенчато-клиновых бойках с углом наклона 30° и с углом клина равным 160°, ступенчатых бойках с углом наклона 30° и плоских бойках.

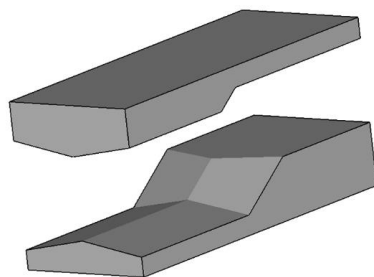


Рис. 1. Новая конструкция ступенчато-клиновых бойков

Деформирование заготовок осуществляли следующим образом. Заготовки нагревали до температуры началаковки 1200 °С, а затем их подавали в ступенчато-клиновые бойки на первую ступень с клином. После обжатия заготовки на первой ступени осуществляли подачу заготовки на наклонный участок и так же производили обжатие. После чего заготовку уже подавали на вторую плоскую ступень, на которой производили выпрямление данной заготовки. Схема деформирования заготовок в ступенчато-клиновидных бойках представлена на рисунке 2. Размеры продеформированных заготовок после их протяжки по всей длине составили  $b \times h \times l = 26,3 \times 62,3 \times 274,6$  мм, уков при этом равен 1,14. Заготовки такого же типоразмера были продеформированы в ступенчатых и плоских бойках с аналогичным уковом, что и в ступенчато-клиновых бойках. Из всех продеформированных заготовок были вырезаны темплеты в продольном и поперечном направлениях для изучения микроструктуры и микротвердости, и подготовлены стандартные образцы по ГОСТ 1497-84 для исследования механических свойств.

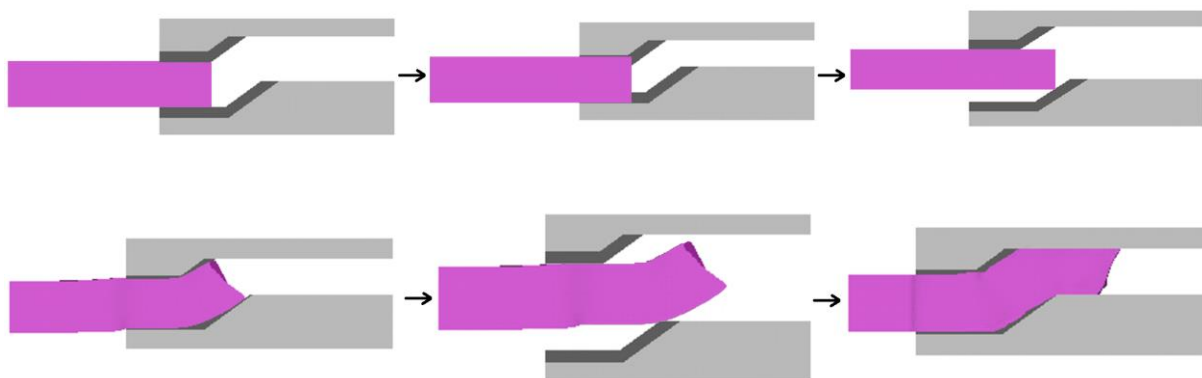


Рис. 2. Схема деформации заготовки в ступенчато-клиновых бойках

Для определения величины зерна металла, продеформированного по предлагаемой и действующим технологиям использовали ГОСТ 5639-82 «Методы выявления и определения величины зерна». При определении размера зерна использовали оптический микроскоп Leica. Данные, полученные при изучении микроструктуры стали 20, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты определения среднего диаметра зерна стали 20

Инструмент	Направление изучения	Исходный размер зерна, мм	Средний размер зерна после деформирования
ступенчато-клиновые бойки	поперечное	0,0451	0,0138
	продольное		0,0142
ступенчатые бойки	поперечное	0,0449	0,0243
	продольное		0,0231
плоские бойки	поперечное	0,0449	0,0415
	продольное		0,0314

Анализ микроструктуры продеформированных заготовок показал, что микроструктура металла поковок, полученных при деформировании заготовок в ступенчато-клиновых бойках мелкозернистая и равноосная по всему объему заготовки и мельче на 1–2 балла, чем микроструктура поковок, изготовленных в ступенчатых бойках и на 2–3 балла, чем микроструктура поковок, изготовленных на плоских бойках. При этом при деформировании заготовок в плоских бойках наблюдается сильная анизотропия структуры по объему поковки в отличие от деформирования поковок в ступенчатых и ступенчато-клиновидных бойках.

Из сравнения результатов микроструктуры при деформировании заготовок в ступенчатых и ступенчато-клиновых бойках можно сделать вывод, что в обоих случаях наблюдается равномерная структура по всему объему тела, но при использовании ступенчато-клиновых бойков обеспечивается более интенсивная проработка литой структуры за один цикл. А это, в свою очередь, позволяет нам обеспечивать получения необходимого качества поковок с заданным уровнем механических свойств при меньшем укове. Для подтверждения этих выводов нами были проведены испытания по определению механических свойств стали 20, продеформированной по предлагаемой и действующим технологиям.

Испытания образцов на растяжение проводили на универсальной крутильно-разрывной машине МИ-40КУ по методике «Проверка в соответствии с рд 50-482-84». Микротвердость определяли в соответствии с методикой DMIR на оптическом микроскопе Leica. Среднестатистические значения механических свойств и микротвердости, рассчитанные по фор-

муле  $\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n$  (где  $X_i$  – результат отдельного испытания,  $n$  – количество испытаний) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Среднестатистические значения механических свойств  
и микротвердости стали 20

Характеристики	Исходное значение	Инструмент		
		плоские бойки	ступенчатые бойки	ступенчато-клиновые бойки
Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	438,5	463,2	486,1	495,7
Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	320,4	328,9	340,3	351,1
Относительное удлинение $\delta$ , %	12,8	14,9	16,8	17,4
Относительное сужение $\psi$ , %	29,8	33,8	37,5	39,2
Микротвердость HV	182,3	205,6	220,7	226,0

Результаты механических испытаний и измерения твердости показывают, что прочностные свойства стали 20, продеформированных по предлагаемой технологии на 2–3 % выше, чем эти же показатели у заготовки, деформированной в ступенчатых бойках и на 5–7 % выше, чем при деформировании в плоских бойках. При этом пластические характеристики (относительное удлинение и сужение) заготовок, продеформированных в ступенчато-клиновидных бойках, в среднем на 3÷5 % выше, полученных при деформировании в ступенчатых бойках и на 15–20 % выше продеформированных по действующей технологии в плоских бойках. Кроме того, было выяснено, что микротвердость в объеме заготовок, полученных по предлагаемой технологии распределяется более равномерно, чем в заготовках, продеформированных в ступенчатых и плоских бойках и имеет более высокое значение.

### Выводы

Доказана целесообразность использования инструмента новой конструкции – ступенчато-клиновые бойки, вместо применяемого в настоящее время плоских бойков, поскольку предлагаемая технология позволяет получать заготовки с равномерной равноосной мелкозернистой структурой и высоким уровнем механических свойств при меньшем укове.

### Список литературы

1. Разработка и компьютерное моделирование новой технологии деформирования заготовок типа плит и пластин из черных и цветных металлов и сплавов / С. Н. Лежнев, Е. А. Панин, А. О. Толкушкин и др. // Сб. докладов VI Международ. конгресса «Цветные металлы и минералы-2014». Красноярск, 15–19 сентября 2014. С. 1213–1221.